

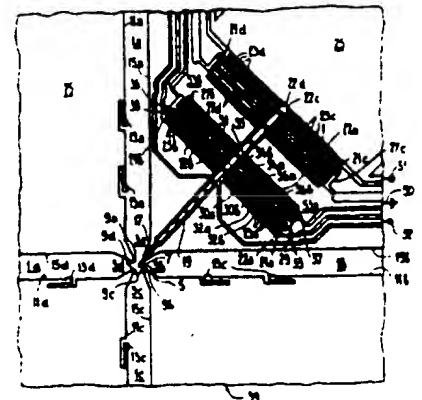
<p>(31) Internationale Patentklassifikation⁶: G02B 26/02, 6/42, H01L 21/3065</p>	<p>A1</p>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 98/12589</p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 26. März 1998 (26.03.98)</p>		
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH97/00356</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 19. September 1997 (19.09.97)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 2308/96 20. September 1996 (20.09.96) CH</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): ASCOM TECH AG [CH/CH]; Morgenstrasse 129, CH-3018 Bern (CH).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ANTHAMATTEN, Olivier [CH/CH]; Route Préalpes 3, CH-1752 Villars-sur-Glâne (CH). MARXER, Cornel [LI/CH]; Chemin Belleruche 1, CH-2000 Neuchâtel (CH).</p> <p>(74) Anwälte: KELLER, René usw.; Keller & Partner, Patentanwälte AG, Zeughausgasse 5, Postfach, CH-3000 Bern 7 (CH).</p> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassener Frist Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p> </td> </tr> </table>			<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH97/00356</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 19. September 1997 (19.09.97)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 2308/96 20. September 1996 (20.09.96) CH</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): ASCOM TECH AG [CH/CH]; Morgenstrasse 129, CH-3018 Bern (CH).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ANTHAMATTEN, Olivier [CH/CH]; Route Préalpes 3, CH-1752 Villars-sur-Glâne (CH). MARXER, Cornel [LI/CH]; Chemin Belleruche 1, CH-2000 Neuchâtel (CH).</p> <p>(74) Anwälte: KELLER, René usw.; Keller & Partner, Patentanwälte AG, Zeughausgasse 5, Postfach, CH-3000 Bern 7 (CH).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassener Frist Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH97/00356</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 19. September 1997 (19.09.97)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 2308/96 20. September 1996 (20.09.96) CH</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): ASCOM TECH AG [CH/CH]; Morgenstrasse 129, CH-3018 Bern (CH).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ANTHAMATTEN, Olivier [CH/CH]; Route Préalpes 3, CH-1752 Villars-sur-Glâne (CH). MARXER, Cornel [LI/CH]; Chemin Belleruche 1, CH-2000 Neuchâtel (CH).</p> <p>(74) Anwälte: KELLER, René usw.; Keller & Partner, Patentanwälte AG, Zeughausgasse 5, Postfach, CH-3000 Bern 7 (CH).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassener Frist Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p>			

(54) Title: **A FIBER OPTIC CIRCUIT SWITCH AND A PROCESS FOR ITS PRODUCTION**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES LICHTLEITERSCHALTERS UND LICHTLEITERSCHALTER**

(57) Abstract

This invention concerns a process for producing a fiber optic circuit switch with at least two light guides in one plane and a moving optical switching element (7) made out of a sandwich wafer (39). In a first operation, the covering layer (43) is masked in such a way that after this step preferably movable partial areas (45) exposed transversally, particularly of the switching element (7), have a narrow width and switching partial areas (47) affixed to the base substrate (25) have a second width larger than the first width. In a second operation, the open areas of the masked covering layer (43) are etched in a dry-etching process with a deep anisotropic reactive ion etching forming nearly vertical etching walls up to an amorphous intermediate layer (41). In a third operation, an etching agent which only attacks the intermediate layer (41) is used and the etching time selected so that the intermediate layer (41) is only etched clear underneath the partial areas (45) with the first width, but not underneath the partial areas (47) of the second width. The optic fiber ends are arranged so closely together that the switching element (7) can still just be inserted between them, yet upon removal of the switching element (7), radiation coupling from one optic conductor point into the one located opposite takes place without any assistance of additional optical imaging elements.



(57) Zusammenfassung

Beim Verfahren zur Herstellung eines Lichtleitorschalters mit wenigstens zwei in einer Ebene angeordneten Lichtleitern und mit einem bewegten optischen Schaltelement (7) aus einem Sandwich-Wafer (39) wird in einem ersten Verfahrensschritt die Deckschicht (43) maskiert und die Maskierung derart vorgenommen, daß nach dem Herstellungsvorgang im Querschnitt freiliegende, bevorzugt bewegliche Teilbereiche (45) insbesondere des Schaltelements (7) eine kleine erste Breitenabmessung und auf dem Grundsubstrat (25) feststehende Schalterteilbereiche (47) eine gegenüber der ersten Breitenabmessung vergrößerte zweite Breitenabmessung haben. In einem zweiten Verfahrensschritt werden die freiliegenden Bereiche der maskierten Deckschicht (43) in einem Trockenätzverfahren mit einem tiefen anisotropen reaktiven Ionenätzverfahren [deep anisotropic reactive ion etching] unter Ausbildung nahezu senkrechter Ätzwände bis zur amorphen Zwischenschicht (41) geätzt. In einem dritten Verfahrensschritt wird ein nur die Zwischenschicht (41) angreifendes Ätzmittel eingesetzt und die Ätzzeit gerade so lang gewählt, bis die Zwischenschicht (41) nur unter den Stegen (45) mit erster Breitenabmessung freigeätzt wird, jedoch keine Stege (47) mit zweiter Breitenabmessung. Die Lichtleiterenden sind daran nahe beieinanderliegend angeordnet, daß gerade noch das Schaltteil (7) zwischenschiebbar ist, jedoch bei herausgezogenem Schaltteil (7) eine Strahlungsüberkopplung von einer Lichtleiterspitze in die andere gegenüberliegende ohne Zuhilfenahme zusätzlicher optischer Abbildungselemente erfolgt.

5

10

15

Verfahren zur Herstellung eines Lichtleiterschalters und
Lichtleiterschalter

20

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Lichtleiterschalters gemäß Patentanspruch 1 und einen Lichtleiterschalter gemäß Patentanspruch 4.

25

Ein Lichtleiterschalter ist aus der Veröffentlichung von J. Mohr, "Mikrooptischer Schalter als Bypass-Element in optischen Datennetzwerken", 1. Statuskolloquium des Projektes Mikrosystemtechnik, Kernforschungszentrum Karlsruhe, 1993, pp. 73-77, bekannt. Der bekannte Lichtleiterschalter hat

30

vier in ihn einmündende Lichtleiter und ein zwischen zwei Positionen hin und her schaltbares Schaltelement, zwei Kugellinsen und zwei Umlenkprismen.

35

In der einen Schaltposition, bei der sich das Schaltelement außerhalb des Strahlengangs befindet, wird aus einer ersten Faser austretende Strahlung mit einer ersten Kugellinse kollimiert und mit einem ersten Umlenkprisma in eine zweite Kugellinse zur Fokussierung in eine zweite Faser ge-

führt. Dem Eingang der zweiten Faser ist ein Empfänger, ein Verstärker und ein Sender nachgeschaltet. Der Sender speist seine Strahlung in eine dritte Faser ein, welche vor der ersten Kugellinse endet, welche die austretende Strahlung kollimiert. Dieser kollimierte Strahl wird mit einem zweiten Umlenkprisma auf die zweite Kugellinse geführt, um von dieser in eine vierte Faser fokussiert zu werden.

Bei in den Strahlengang eingeschobenem Schaltelement wird die von der ersten Faser ausgehende Strahlung von der ersten Kugellinse kollimiert, der kollimierte Strahl mit dem Schaltelement auf die zweite Kugellinse umgelenkt und von dieser in die vierte Faser fokussiert.

Der bekannte mikrooptische Schalter wird in LIGA-Technik [Röntgentiefen Lithographie, Galvanoformung, Kunststoff Abformung] ausgeführt, wobei dann die Kugellinsen in die derart hergestellte Schicht eingesetzt werden müssen.

Die Aufgabe der Erfindung ist es, einen Lichtleitchalter zu schaffen, der mit der geforderten Maß- und Funktionsgenauigkeit einfach und damit kostengünstig mit einer schnellen Schaltbarkeit herstellbar ist.

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß im Gegensatz zur oben zitierten Veröffentlichung von J. Mohr der erfindungsgemäße Lichtleitchalter neben den Lichtleitern keine einzusetzenden optischen Elemente mehr enthält. Ferner wird im Gegensatz zur obengenannten Veröffentlichung nicht mehr das LIGA-Verfahren zur Herstellung des Lichtleitchalters verwendet, sondern erfindungsgemäß das unten beschriebene.

Anstelle des aufwendigen und damit teuren eine Synchrotron-Strahlungsquelle benötigenden LIGA-Verfahrens wird das bedeutend einfachere zu handhabende Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 verwendet. Mit diesem Verfahren lassen sich sämtliche für den Schalter benötigten Strukturen, einschließlich der unten beschriebenen Positionierhil-

fen für die Lichtleiter, welche in das fertig hergestellte Bauteil lediglich bis zu jeweils einem Anschlag eingeschoben werden müssen, herstellen.

- 5 Auch kann der im Schalter integrierte bewegliche Schaltspiegel auf einfache Art und Weise optisch vergütet werden.

Im folgenden werden Beispiele der erfindungsgemäßen Lichtleiterschalter sowie deren Herstellungsverfahren anhand
10 von Zeichnungen näher erläutert. Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung. Es zeigen:

15 Fig. 1 eine Draufsicht auf den erfindungsgemäßen Lichtleiterschalter,

Fig. 2 einen Querschnitt durch einen maskierten SOI-Wafer für die Herstellung des erfindungsgemäßen Lichtleiterschalters,

20 Fig. 3 einen Querschnitt analog Figur 2, jedoch nach Durchführung eines tiefen anisotropen reaktiven Ionenätzverfahrensschritts,

25 Fig. 4 einen Querschnitt analog der Figuren 2 und 3, jedoch nach Durchführung eines weiteren Ätzschrittes zur Fertigstellung des erfindungsgemäßen Lichtleiterschalters,

30 Fig. 5 einen Querschnitt analog Figur 4, jedoch mit eingeschobenem Lichtleiter,

Fig. 6a bis 6f eine Variante zum Herstellungsvorgang wie er in den Figuren 2 bis 5 dargestellt ist und

35 Fig. 7 eine Variante des in Figur 1 dargestellten Lichtleiterschalters, wobei erhabene breitflächige Konturen mit einer 30°-Schraffur versehen sind.

Der in Figur 1 dargestellte erfindungsgemäße Lichtleiter-
terschalter ist mittels eines unten beschriebenen Herstel-
lungsverfahrens auf einem SOI-Wafer 39 (silicon-on-insula-
tor) als Sandwich-Wafer erzeugt worden. Der Lichtleiter-
5 schalter weist vier unter rechten Winkeln zueinander ange-
ordnete Lichtleitereinschubkanäle 1a bis 1d auf, in die nach
der Herstellung des Schalters mit Spitzen versehene, bevor-
zugt zum Faserende sich verjüngende Lichtleiter einschiebbar
10 sind. Alle Lichtleitereinschubkanäle 1a, 1b, 1c und 1d lie-
gen in einer Ebene und laufen in je einer winkligen Verjün-
gung 3a, 3b, 3c und 3d auf einen zentralen Ort 5 zu, in den
verschiebbar ein Spiegel 7 eingreift. Jeweils unmittelbar
vor dem Ort 5 sind in den winkligen Verjüngungen 3a bis 3d
15 Anschläge 9a bis 9d für die sich verjüngenden Lichtleiteren-
den ausgebildet. Die Anschläge 9c und 9d sind beidseitig für
die jeweils betreffenden Lichtleiterenden ausgebildet; die
Anschläge 9a und 9b aufgrund der Spiegeleinführung jedoch
nur einseitig.

20

Die Verjüngungen 3a bis 3d sind derart ausgebildet, daß
die Enden eingeschobener Lichtleiter so nahe wie nur möglich
zueinander zu liegen kommen. Der gegenseitige Abstand wird
lediglich durch den minimalen Raumbedarf des verschiebbaren
25 Spiegels 7 bestimmt. Aufgrund dieser kompakten Anordnung
kann im Gegensatz zur einleitend erwähnten Ausführung von
J. Mohr auf optische Abbildungssysteme verzichtet werden.

Die sich verjüngenden Lichtleiterenden werden analog zu
30 W. Hunziker et al., "Elliptically lensed polarisation main-
taining fibers", Electronics Letters, Vol. 28, No. 7, Sei-
te 1654-1656, 13. August 1992, hergestellt. Im Gegensatz zu
dem in der Veröffentlichung ausgeführten wird jedoch der aus
dem sich verjüngenden Fasermantel mit zylindrischem Quer-
schnitt hervorstehende Kern in ein Material eingegossen und
35 dann plan zurückgeschliffen. Nach dem Schleifen wird das
Vergußmaterial wieder entfernt.

An jeweils einer Seitenwand 11a bis 11d der Lichtleiter-
einschubkanäle 1a bis 1d sind mehrere (hier zwei) federnde
Laschen 13a bis 13d ausgebildet. In Figur 1 ist der Einfach-
heit halber an den Wänden 11c und 11d nur jeweils eine der
5 beiden federnden Laschen 13c bzw. 13d dargestellt. Diese La-
schen 13a bis 13d drücken nun die eingeschobenen Lichtleiter
an die andere gegenüberliegende Kanalwand 15a, 15b, 15c bzw.
15d, wodurch der jeweilige eingeschobene Lichtleiter gegen
Herausziehen gesichert genau positioniert ist. Der Einschie-
10 bewiderstand, hervorgerufen durch diese Laschen 13a bis 13d,
ist gering.

Der Spiegel 7 als Schaltteil ist durch einen Schlitz 17
in den Ort 5 einschiebbar. Der Spiegel 7 ist an einem fili-
15 granen Halter 19 angeordnet. Am Halterende sowie etwa in
dessen Mitte ist senkrecht zu dessen Längsachse links und
rechts je ein Tragbalkchen 21a bis 21d ebenfalls mit fili-
graner Struktur angeordnet. An den Balkenlängsseiten ist je-
weils eine Kammstruktur 22a bis 22d ausgebildet. Die Kamm-
20 strukturen 22a bis 22d greifen alternierend in eine hierzu
passende zweite Kammstruktur 23a bis 23d. Beim Bewegungsme-
chanismus der gesamten Spiegelhalterung wird insbesondere
darauf geachtet, daß mechanische Schwingungen um eine End-
stellung in den Ort 5 (Beeinflussung der aus den Faserenden
25 austretenden Strahlung) vermieden oder minimiert sind oder
eine derartige Ausbildung gewählt wird, daß Schwingungen
eine Strahlungsübertragung oder Abblockung nicht stören.
Ausführungsvarianten sind unten beschrieben.

30 Wird zwischen die Kammstrukturen 22a/22b und 23a/23b
eine elektrische Spannung angelegt, so werden diese gegen-
einander gezogen, wodurch der Spiegel 7 über die Tragbalk-
chen 21a und 21b und den Halter 19 in den Ort 5 hineinge-
schoben wird. Wird zwischen die Kammstrukturen 22c/22d und
35 23c/23d eine elektrische Spannung angelegt, so wird der
Spiegel 7 aus dem Ort 5 herausgezogen.

Der Spiegel 7, der Halter 19, die Tragbalkchen 21a bis

21d und die Kammstrukturen 22a bis 22d sind am SOI-Wafer-Grundelement 25 über jeweils zwei paarweise links und rechts des Halters ausgebildete Federelemente 27a bis 27d schwebend gehalten. Die Federelemente 27a bis 27d sind als eine Blattfeder mit doppelt verlaufenden mäanderförmigen Blattfederteilelementen ausgebildet. Die Ausbildung der Federelemente wird anhand des Federelements 27a erläutert. Am rechten äußeren Ende des Tragbalkchens 21a ist ein zum Halter 19 parallel verlaufender Steg 29 ausgebildet. Ausgehend von diesem Steg 29 laufen parallel zum Tragbalkchen 21a zwei Blattfederteilelemente 30a und 30b, welche in einen zur Halterlängsrichtung, dem Halter 19 benachbart liegenden Steg 31 übergehen. Von diesem Steg 31 verlaufen parallel zu den Blattfederteilelementen 30a und 30b zwei weitere Blattfederteilelemente 32a und 32b, welche in einen mit dem Steg 29 fluchtenden Steg 33 übergehen. Von diesem Steg 33 gehen wieder zwei Blattfederteilelemente 34a und 34b parallel zu den anderen Blattfederteilelementen 30a/b und 32a/b zu einem mit dem Steg 31 fluchtenden Steg 35 aus. Von diesem Steg 35 verlaufen wiederum zwei Blattfederteilelemente 36a und 36b parallel zu den anderen Blattfederteilelementen zu einem Ort 37 des SOI-Wafer-Grundelements 25.

An diesem Ort 37 und den anderen hierzu analogen Orten sind der Spiegel 7, der Halter 19, die Tragbalkchen 21a bis 21d und die Federelemente 27a bis 27d am SOI-Wafer-Grundelement 25 mechanisch gehalten. Dieser Ort dient gleichzeitig als elektrisches Null-Potential für die Spiegelbewegung mittels der Kammstrukturen 22a bis 22d und 23a bis 23d.

30

Jeder der Stege 29 hat eine Nase 36, zu der auf dem Grundelement 25 gegenüberliegend je eine feste Auskerbung 38 angeordnet ist. Nase 36 und Auskerbung 38 dienen für die Spiegelbewegung als Anschlag, um dem Spiegel eine exakt einstellbare vorgegebene Position zuzuordnen. Da die Nase 36 am Steg 29 der Federelemente 27a bis 27d angeordnet ist, erfolgt eine Dämpfung des Auslenkungs Vorgangs zur Vermeidung von Schwingungen.

Durch die Verwendung der oben beschriebenen doppelten Kammstrukturpaare ist bei Verwendung ein- und derselben Steuerspannung der Verschiebeweg des Spiegels doppelt so groß gegenüber der Verwendung nur eines Kammpaares.

Zur Herstellung des oben beschriebenen Lichtleisterschalters wird von einem in Figur 2 dargestellten SOI-Wafer 39 ausgegangen. Der SOI-Wafer 39 besteht aus einem monokristallinen Silizium-Substrat 40, auf dem eine amorphe Siliziumdioxid-Zwischenschicht SiO_2 41 aufgebracht ist. Über der Siliziumdioxid-Schicht 41 ist eine Siliziumdeckschicht 43 angeordnet. Diese Siliziumdeckschicht 43 wird mit einer Maske 44 entsprechend der in Figur 1 in einer Draufsicht gezeigten Struktur maskiert. Elemente der Maske 44 befinden sich überall dort [dunkle Flächen in Figur 1], wo keine Materialentfernung stattfinden soll. Die Dicke der Deckschicht 43 wird entsprechend der in die Lichtleitereinschubkanäle 1a bis 1d einzuschiebenden Lichtleiter ausgewählt. Sie beträgt beispielsweise bei der Verwendung von Monomode-Lichtleitern 75 μm . Substrat 40 und Deckschicht 43 sind elektrisch leitend, während die Zwischenschicht 41 elektrisch isolierend ist.

In einer Vakuumkammer werden nun die nicht maskierten Teile der Deckschicht 43 mit einem tiefen anisotropen reaktiven Ionenätzverfahren [deep anisotropic reactive ion etching] entfernt. Es wird bei einem Druck von 2,6 Pa, bei einer Temperatur von -95°C und einer Spannung von -70V (DC Bias) zwischen Elektrode und dem SIO-Wafer gearbeitet. Es wird ferner eine Hochfrequenz von 13,5 MHz, ein Gasfluß von SF_6 mit $200\text{cm}^3/\text{min}$, von O_2 mit $16\text{ cm}^3/\text{min}$ und von CHF mit $10\text{ cm}^3/\text{min}$ verwendet. Als Ionenquelle wird ein induktiv gekoppeltes Plasma benützt.

Dieser Materialabtragungsvorgang läuft so lange bis das unmaskierte Deckschichtmaterial bis auf die Zwischenschicht 41 abgetragen ist, wie in Figur 3 in einem Quer-

schnitt dargestellt ist.

In einem nächsten Verfahrensschritt werden nun mit 48-prozentiger Flußsäure bei Raumtemperatur die Zwischen-
5 schichtbereiche unterhalb der in Figur 3 gezeigten dünnen Stege 45 unterätzt bis diese freischwebend sind. Die Zwischenschichtbereiche unterhalb der breiten Stege 47 werden lediglich kehlenförmig angeätzt. Die breiten Stege 37 bleiben aber stehen, wie in Figur 4 gezeigt ist.

10

Die dünnen Stege 45 sind dann die in Figur 1 dargestellten filigranen Teile. Da der Spiegel 7, der Halter 19, die federnden Laschen 13a bis 13d, die Tragbalkchen 21a bis 21d und die Federelemente 27a bis 27d mit ihren Blattfederteile-
15 elementen 30a/b, 32a/b und 34a/b sowie die Stege 31, 33 und 35 lediglich aus Elementen mit dünnen Breiten, sofern nach mechanischen Anforderungen notwendig, als filigrane Gebilde aufgebaut sind, werden sie "freigeätzt". Analoges erfolgt mit den Kammstrukturen, wobei die Kammstrukturen 23a bis 23d
20 wohl unterätzt werden, aber dennoch am SOI-Wafer-Grundelement 25 festgehalten sind.

Nach der Herstellung der gesamten Struktur kann der Spiegel 7 mit einer optischen Reflexionsbeschichtung be-
25 dampft werden.

Anschließend werden die vier Lichtleiter eingeschoben und der Lichtleitorschalter ist fertig. Figur 5 zeigt einen Ausschnitt eines Querschnitts durch den Schalter mit einge-
30 schobenem Lichtleiter 49. Die gesamte Anordnung kann nun mit einer Glasabdeckung versehen werden.

Der Lichtleitorschalter ist derart konzipiert, daß der Spiegel 7 im spannungslosen Zustand der Kammstrukturen 22a
35 bis 22d und 23a bis 23d nur halb in den Ort 5 eingeschoben ist.

Der Schaltungspunkt 50 ist immer auf Nullpotential ge-

legt. Wird nun Spannung an den Schaltungspunkt 51 gelegt, so wird der Spiegel 7 vollständig aus dem Ort 5 herausgezogen. Die Strahlungswege der in den Kanälen 1a und 1c sowie der in 1b und 1d liegenden Lichtleiter sind nun frei durchgängig.

5 Wird die Spannung am Schaltungspunkt 51 auf Nullpotential gelegt und an den Schaltungspunkt 52 eine Spannung angelegt, so wird der Spiegel 7 vollständig in den Ort 5 eingeschoben, wodurch der Strahlungsweg zwischen den Lichtleitern in den Kanälen 1a und 1c sowie 1b und 1d unterbrochen ist. Eine

10 Strahlungsführung zwischen den in den Kanälen liegenden Lichtleitern 1a und 1d sowie 1b und 1c ist jetzt gegeben.

Bei dem hier gezeigten Beispiel liegt die elektrische Schaltspannung im Bereich von 30 V. Ein Schaltvorgang benötigt

15 etwa 300 μ s.

Im Gegensatz zur Ausführung der Kammstrukturen 22a-d und 23a-d in Figur 1 könnten diese auch "zwischen" den Blattfederpaketpaaren angeordnet werden. Die beiden Felder 53a und

20 53b zwischen den Blattfederpaketpaaren in Figur 1 müßten dann jedoch spannungsmäßig in vier Felder aufgeteilt werden.

Bei einer Verwendung von Monomode-Lichtleitern ist der die Lichtwelle führende Leiterkern etwa 10 μ m dick. Zur Reflexion bzw. Abblockung der von den Lichtleiterenden ausgehenden, den Ort 5 transmittierenden Strahlung wird vom Spiegel 7 lediglich eine Fläche von 15 bis 20 μ m beansprucht. Anstelle der oben beschriebenen Spiegelausgestaltung kann

30 ein Spiegel mit einem Durchgriff dieser Größenordnung als Variante verwendet werden. Dieser Spiegel kann nun im Gegensatz zur Darstellung in Figur 1 beidseits von je einem Halter mit Blattfederstrukturen gehalten sein. In diesem Fall wird man jedoch links und rechts des Halters jeweils nur ein Blattfederpaket anordnen. Der eine Halter führt dann eine

35 Spiegelbewegung in die eine Richtung und der andere in die entgegengesetzte Richtung aus.

Die Nullpunktstellung des Spiegels 7 muß nicht in der

oben beschriebenen Weise erfolgen. Der Spiegel kann derart eingestellt werden, daß er im spannungslosen Zustand entweder die Strahlung gegenüberliegender Lichtleiterenden umlenkt oder transmittiert.

5

In einer weiteren Variante, die auch eine Verringerung der Schaltspannung erlaubt, sind die Kammfinger der Kammstruktur 21a-d bzw. 22a-d unterhalb der Überlappung mit den Kammfingern der Kammstruktur 23a-d verbreitert, so daß bei
10 der Bewegung des Kammaktuators der Luftspalt zwischen 21a-d bzw. 22a-d und 23a-d verringert wird.

Monomode Lichtleiter haben einen Kerndurchmesser von nur etwa 10 μm . Von dem Spiegel 7 wird somit nur etwa, wie be-
15 reits schon oben ausgeführt, eine Fläche von 20 μm x 20 μm benützt. Die Verwendung einer mindestens 75 μm dicken Deckschicht 43 ist nur notwendig, damit der Lichtleiterkern genügend tief zu liegen kommt.

20 Anstelle des oben geschilderten Herstellungsverfahrens (Figuren 2 bis 5) kann der erfindungsgemäße Lichtleiter-
schalter auch mittels eines Verfahrens gemäß Figuren 6a bis 6f hergestellt werden. Hier werden zuerst lediglich in das
Substrat 53 als unterste Schicht Einschubkanäle für die ein-
25 zuschiebenden Lichtleiter eingeätzt. Die Figuren 6a bis 6f zeigen lediglich einen Einschubkanal 55. Als Substratmaterial kann beispielsweise Silizium, Glas etc. verwendet werden. Bei dem Herstellungsprozeß gemäß Figuren 6a bis 6f wird
als Substratmaterial Silizium verwendet. In das Siliziumsub-
30 strat 53 wird lediglich ein 50 μm tiefer Kanal für die
Lichtleiter, beispielsweise mit 40%-igem Kalium-Hydroxid (KOH) geätzt werden. Das Substrat 53 ist mit einer isolierenden Schicht 59 (bevorzugt ein Oxid, Nitrid, ...) versehen, welche durch Oxidation oder ein CVD-Verfahren auf-
35 gebracht wird. In einem zweiten Schritt wird eine zweite Scheibe 57 (als Deckschicht) auf die erste, untere Scheibe 53 geklebt bzw. aufgebondet. Die Beschichtung 59 ist vergleichbar mit der obigen Zwischenschicht 41. Anstatt die Be-

schichtung 59 auf das Substrat 53 aufzubringen, kann sie auch auf die Deckschicht 57 aufgebracht werden. Sollte die Scheibe (Deckschicht) 57 zu dick sein, kann sie herunter poliert oder geätzt werden (Figur 6c). Wie oben ausgeführt, ist eine Dicke dieser Schicht 57 von etwa 20 μm ausreichend. Entsprechend der zu erzeugenden Strukturen des Lichtleiterschalters erfolgt nun analog Figur 2 eine Maskierung. Ein nun durchzuführender Materialabtragungsvorgang wird analog demjenigen der Figuren 3 bis 5 durchgeführt. Der Materialabtragungsvorgang zu Figur 6d entspricht somit demjenigen zu Figur 3, der zu Figur 6e demjenigen von Figur 4 und der zu Figur 6f demjenigen von Figur 5. Der Vorteil dieses Herstellungsverfahrens ist neben der einfachen Durchführung u.a. die bedeutend geringere Höhe der für den Schaltvorgang zu bewegend Teile. Eine geringe Höhe ergibt eine geringe Dämpfung und damit eine verkürzte Schaltzeit.

Anstatt für den Sandwich-Wafer ein Substrat und eine Deckschicht aus Silizium und eine Zwischenschicht aus SiO_2 zu verwenden, können auch andere Materialien benutzt werden. So können als Deckschicht Metalle wie beispielsweise Aluminium, Gold etc. eingesetzt werden. Als Zwischenschicht können elektrisch isolierende Schichten wie Oxide, Nitride etc. verwendet werden. Die Zwischenschichten können beispielsweise in einem CVD-Verfahren (chemical vapor deposition) aufgebracht werden. Die Deckschicht muß elektrisch leitend sein. Als Unterschicht (Substrat) kann auch Glas verwendet werden.

In Figur 7 ist in vergrößerter Darstellung ausschnittsweise eine Ausbildungsvariante zum zentralen Ort 5, hier mit 61 gekennzeichnet, dargestellt. Im Gegensatz zur Darstellung in Figur 1 haben hier die mit 63a bis 63d bezeichneten Lichtleiterkanäle in ihrem jeweils sich verjüngenden Endteil 65a bis 65d keine Anschläge (9a bis 9d in Figur 1). In Figur 7 sind die Lichtleiter 67a bis 67d in die Lichtleiterkanäle 63a bis 63d eingeklebt. Um ein Eindringen des vor dem Aushärten noch flüssigen Klebstoffes in den zentralen Ort 61 insbesondere durch Kapillarwirkung zu verhindern, hat jeder

Lichtleiterkanal vor Beginn seines sich verjüngenden Endbereichs 65a bis 65d eine Nut 69a bis 69d, welche miteinander verbunden sind. Als Klebstoff wird bevorzugt ein unter Strahlung, insbesondere UV-Strahlung aushärtender Kleber verwendet. Der Abstand der sich verjüngenden Faserenden der Lichtleiter ist so klein gewählt worden, daß eine einwandfreie Bewegung des Spiegels, hier mit 70 gekennzeichnet, gerade noch möglich ist. Je kleiner der gegenseitige Abstand der Faserenden ist, desto geringer sind die Strahlungsverluste zwischen den zu schaltenden Faserenden, d.h. desto besser ist die Signalübertragung. Das Einbringen der Faserenden erfolgt hier unter einem Mikroskop.

Um Rückreflexionen benachbarter oder zugeschalteter Faserenden zu vermeiden, sind diese mit einer Antireflexbeschichtung versehen. Die Endflächen können auch abweichend von der Senkrechten zur Faserachse geneigt ausgebildet werden. Man kann aber auch die Faserenden sowie auch den Spiegel in ein Index-Matching-Öl (gleicher Brechungsindex wie der das Signal übertragende Kern der Faser) legen.

In den oben beschriebenen Ausführungsvarianten weist die Halterung des Spiegels 7 Anschläge (Nase 36 an den Stegen 29 und Auskerbung 38) für die jeweilige Schaltendstellung auf. In einer vereinfachten Ausführung können die Anschläge für beide Endstellungen oder für nur eine weggelassen werden, auch kann mit nur einem Federelementpaar gearbeitet werden.

Wird nur ein einziges Federelementpaar verwendet, wird man bevorzugt die mechanische Ausgestaltung derart wählen, daß im stromlosen Zustand der Spiegel in eine Lage ohne Anschlag zurückgeht. Zur Reduzierung einer Schwingungsneigung des Spiegels kann der den Spiegel beinhaltende Raum zwischen den Faserenden mit einem "Index-Matching-Öl" gefüllt werden. Durch die hierbei auftretende Flüssigkeitsreibung wird dann die Spiegelbewegung gedämpft. Die Verwendung des Öls gestattet eine Verringerung der Bauhöhe der Anordnung. Ferner werden durch das Öl Reflexionsverluste an den Faserenden ver-

mieden oder wenigstens stark reduziert.

Anstelle der oben beschriebenen Flüssigkeitsdämpfung kann auch eine Dämpfung über den "Luftwiderstand" erreicht werden. Der Spiegel, die Kammstruktur und die Aufhängung ist dann nur entsprechend groß auszugestalten, wobei hier Grenzen durch den zur Verfügung stehenden Raum sowie durch das Gewicht (Aktuatorgewicht) gegeben sind. Es kann aber auch der Spiegel in Schaltrichtung derart groß ausgebildet werden, daß Schwingungsbewegungen des Spiegels innerhalb des Strahlquerschnitts ausgehend von den Faserenden liegen. Eine Schwingungsdämpfung des Spiegels kann aber auch durch einen entsprechend ausgebildeten Spannungsverlauf zwischen den Elektroden, hier zwischen den Kammstrukturen 22a/22b und 23a/23b bzw. 22c/d und 23c/D bewirkt werden (im Gegensatz zur Darstellung in Figur 1 ist bei der hier geschilderten Ausführungsvariante jedoch nur eine der Kammstrukturen vorhanden).

Um eine Spiegeloberfläche mit einer möglichst geringen Oberflächenrauigkeit zu erreichen, wird nach dem Ätzschritt (Figur 6d) eine Oxidation der Spiegeloberfläche vorgenommen. Anschließend erfolgt dann das Freiätzen gemäß Figur 6e. Anstelle der Oxidation kann auch eine Dotierung, beispielsweise mit Bor, und nachfolgender Ätzung beispielsweise in Kalilauge vorgenommen werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Lichtleiterschalters mit
5 wenigstens zwei in einer Ebene angeordneten Lichtleitern
und mit einem bewegten optischen Schaltelement (7) aus
einem Sandwich-Wafer (39) mit einem Substrat (40), einer
Deckschicht (43) und einer elektrisch isolierenden Zwi-
schenschicht (41), wobei in einem ersten Verfahrens-
10 schritt die Deckschicht (43) maskiert wird, und die Mas-
kierung derart vorgenommen wird, daß nach dem Herstel-
lungsvorgang im Querschnitt freiliegende, bevorzugt be-
wegliche Teilbereiche (45) insbesondere des Schaltele-
ments (7) eine kleine erste Breitenabmessung und auf dem
15 Grundsubstrat (25) feststehende Schalterteilbereiche
(47) eine gegenüber der ersten Breitenabmessung ver-
größerte zweite Breitenabmessung haben, anschließend in
einem zweiten Verfahrensschritt die freiliegenden Be-
reiche der maskierten Deckschicht (43) in einem Trocken-
20 ätzverfahren mit einem tiefen anisotropen reaktiven
Ionenätzverfahren [deep anisotropic reactive ion
etching] unter Ausbildung nahezu senkrechter Ätzwände
bis zur Zwischenschicht (41) geätzt werden, sowie in
einem anschließenden dritten Verfahrensschritt ein nur
25 die Zwischenschicht (41) angreifendes Ätzmittel einge-
setzt und eine Ätzzeit gerade so lang gewählt wird, bis
die Zwischenschicht (41) nur unter den Stegen (45) mit
erster Breitenabmessung, jedoch nicht unter den Stegen
(47) mit zweiter Breitenabmessung freigeätzt wird.
30
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
das Schaltelement (7) ein zwischen die freien, benach-
barten Lichtleiterenden einschieb- und herausziehbares
Schaltteil des Schaltelements hat, welches in einem wei-
35 teren Verfahrensschritt mit einer die in den Licht-
leitern zu führende Strahlung reflektierenden Beschich-
tung versehen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet
daß die Maskierung (44) auf der Deckschicht (43) mit
dritten Freibereichen (1a - 1d) aufgebracht wird, deren
Breite dem Durchmesser in die Schaltung einzuschiebender
5 Lichtleiter entspricht, die dritten Freibereiche (1a -
1d) als gerades, an den Waferseitenbereichen endendes
Band aufgebracht werden und an einer Bandseite Masken-
teile für in das Band hineinreichende federnde Laschen
aufgebracht werden, damit nach dem zweiten und dritten
10 Verfahrensschritt ein Kanal entstanden ist, von dessen
einer Seitenwand (11a - 11d) Zungen (13a - 13d) als fe-
dernde Justierelemente in den Kanal (1a - 1d) hineinste-
hen, welche einen einzuschiebenden Lichtleiter justie-
rend an die andere Kanalseitenwand (15a - 15d) anpres-
15 sen.
4. Lichtleiterschalter hergestellt nach dem Verfahren gemäß
einem der Ansprüche 1 bis 3 aus einem Sandwich-Wafer
(39) mit einem Substrat (40), einer Deckschicht (43) und
20 einer elektrisch isolierenden Zwischenschicht (41) mit
wenigstens zwei in einer Ebene liegenden, sich verjün-
gende Enden aufweisenden Lichtleitern in jeweils einem
Einschubkanal (1a - 1d) und lediglich einem zwischen be-
nachbarten Lichtleiterenden ein- und herauschiebbaren
25 Schaltteil (7) eines Schaltelements, wobei die Lichtlei-
terenden derart nahe beieinanderliegen, daß gerade noch
das Schaltteil (7) zwischenschiebbar ist, jedoch bei
herausgezogenem Schaltteil (7) eine Strahlungsüberkopp-
lung von einem Lichtleiterende zum anderen gegenüber-
30 liegenden ohne Zuhilfenahme zusätzlicher optischer Ab-
bildungselemente erfolgt.
5. Lichtleiterschalter nach Anspruch 4, dadurch gekenn-
zeichnet, daß der Schaltteil (7) an einem filigran ge-
35 stalteten Halter (19) angeordnet ist, wobei die Wand-
stärken des Halters (19) wie auch des Schaltteils (7)
als Teil des Wafers (39) derart schmal ausgebildet sind,
daß nach einem tiefen anisotropen reaktiven

Ionenätzverfahren der maskierten Siliziumdeckschicht (43) in einem weiteren Ätzverfahren die Zwischenschicht (41) zur Freigabe des Halters (19) und des Schaltteils (7) unterätzbar ist.

- 5
6. Lichtleitorschalter nach Anspruch 5, gekennzeichnet durch beidseitig des Halters (19) ausgebildete mäanderförmige Blattfederelemente (30a/b, 32a/b, 34a/b, 36a/b, 29, 31, 33, 35), deren eines Ende in den Halter (19) und deren anderes Ende in die ungeätzte Deckschicht (43) übergeht.
- 10
7. Lichtleitorschalter nach Anspruch 6, gekennzeichnet durch zwei hintereinander angeordnete Blattfederpaare (30a/b, 32a/b, 34a/b, 36a/b, 29, 31, 33, 35).
- 15
8. Lichtleitorschalter nach einem der Ansprüche 4 bis 7, gekennzeichnet durch eine senkrecht zur Schaltteilbewegungsrichtung angeordnete Kammstruktur zweier voneinander distanziert ineinandergreifender Teilkämme (22a-d, 23a-d), welche durch Anlegen einer elektrischen Spannung zwischen den beiden Teilkämmen (22a-d, 23a-d) bewegbar ist, wobei der eine Teilkamm (23a-d) fest als Teil der Siliziumdeckschicht (43) und der andere Teilkamm (22a-d) frei beweglich ausgebildet ist, wobei die Breite insbesondere der "freien" Kammstruktur (22a-d) derart gewählt ist, daß nach einem tiefen anisotropen reaktiven Ionenätzverfahren der maskierten Deckschicht und einem weiteren Ätzverfahren die Zwischenschicht (41) zur Freilegung dieses Teilkamms bzw. dieser -kämme (22a-d) unterätzbar ist.
- 20
- 25
- 30
9. Lichtleitorschalter nach Anspruch 6 und 8, dadurch gekennzeichnet, daß der bewegliche Kammteil (22a-d) an einer filigranen Balkenstruktur (21a-d) angeordnet ist, deren eines Ende in den Halter (19) und deren anderes Ende jeweils in eines der Blattfederelemente (30a/b) übergeht.
- 35

10. Lichtleitorschalter nach Anspruch 7 und 8, dadurch gekennzeichnet, daß die mit dem Halter zusammenwirkenden Kammstrukturen (22a-d, 23a-d) in Bezug auf die Blattfeder-
5 derelemente (30a/b, 32a/b, 34a/b, 36a/b, 29, 31, 33, 35) entweder aufeinander zuzeigend oder voneinander wegzeigend angeordnet sind, damit durch wahlweises Anlegen der elektrischen Spannung das Schaltteil (7) in die eine bzw. in die andere Verschieberichtung verschiebbar ist.

Fig.1

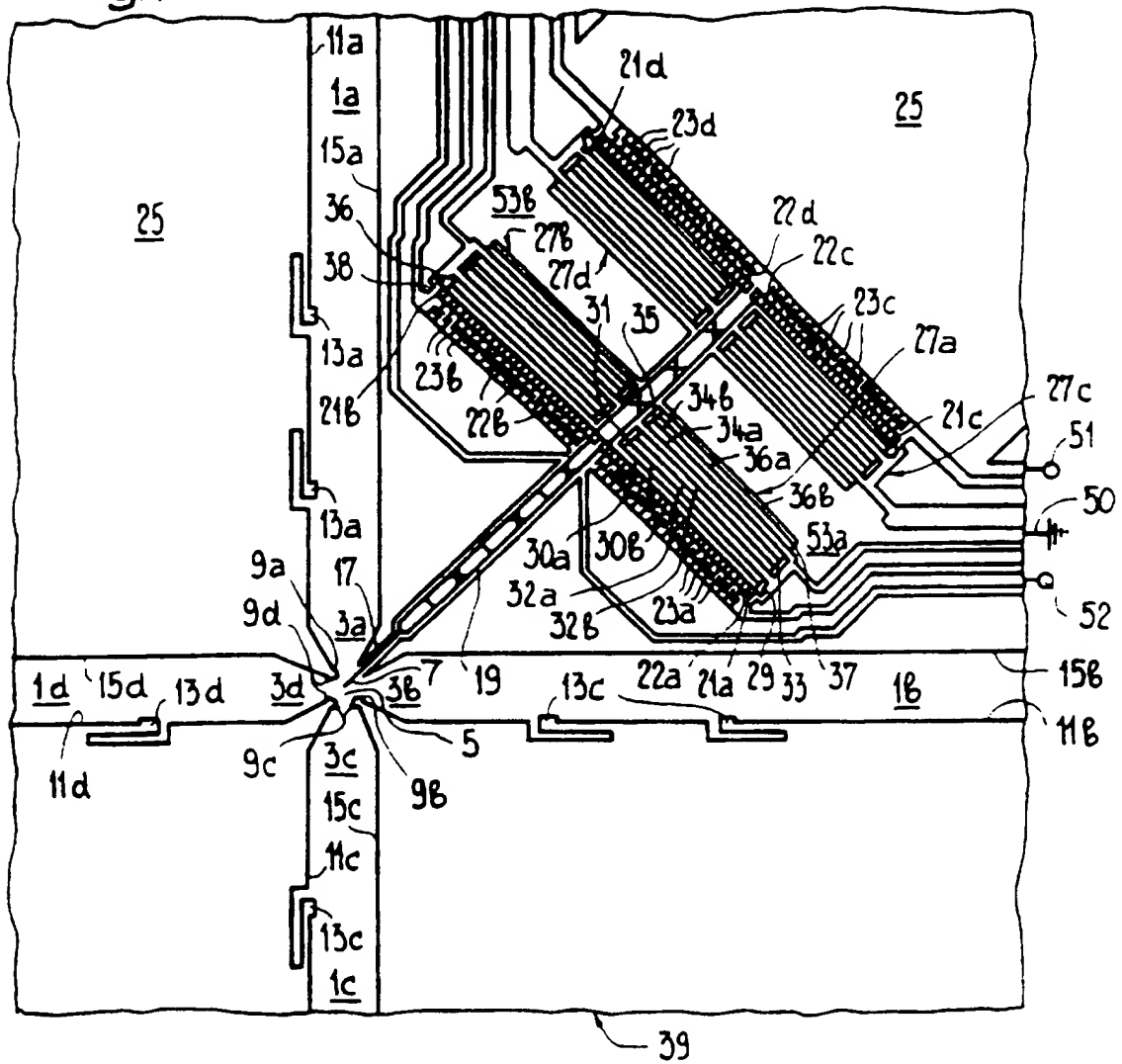


Fig.2

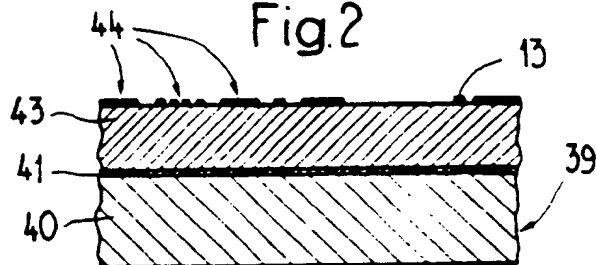


Fig.3

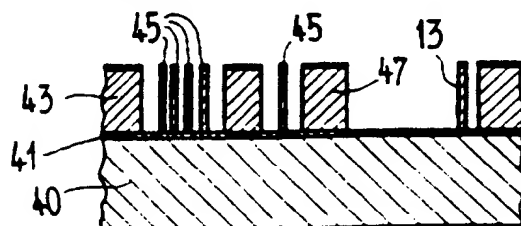


Fig.4

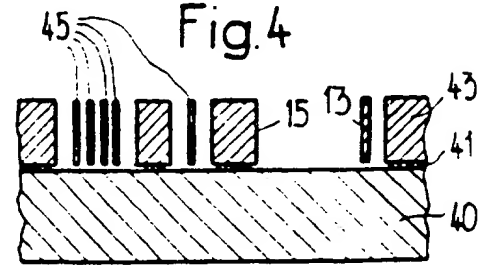


Fig.5

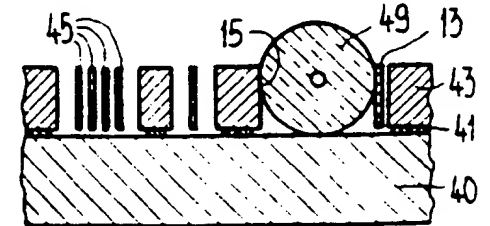


Fig. 6

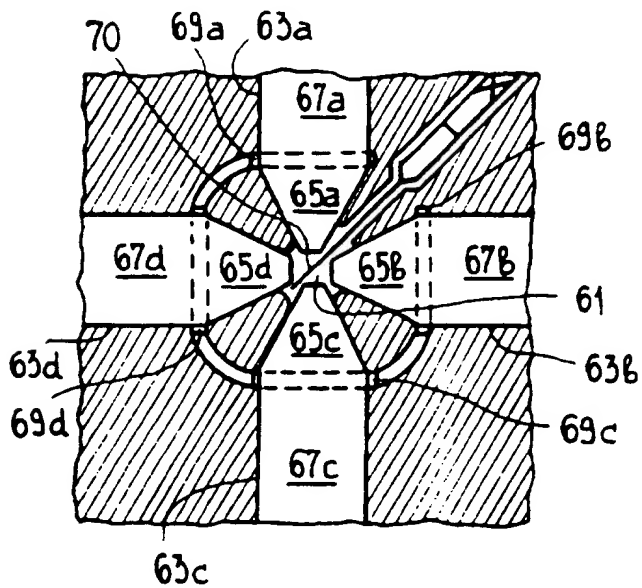
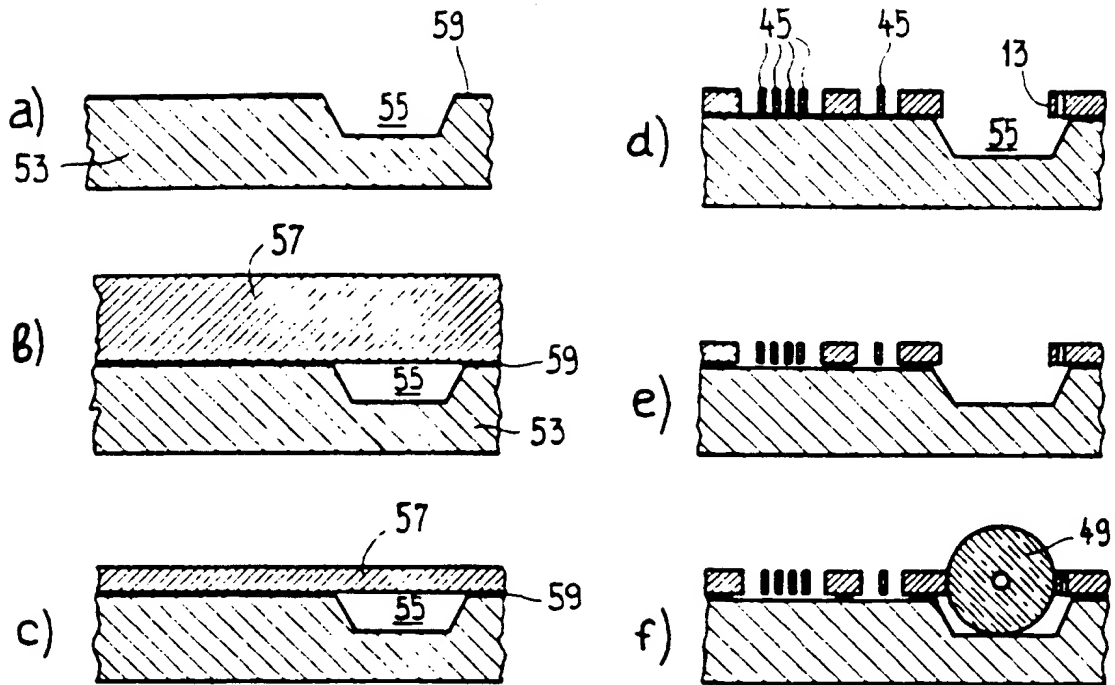


Fig. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/CH 97/00356

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 G02B26/02 G02B6/42 H01L21/3065

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 G02B H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Classification of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 004, no. 188 (P-042), 24 December 1980 & JP 55 130505 A (ITAYA RYOHEI;OTHERS: 01), 9 October 1980, see abstract; figures 1-3 ---	1,4
A	US 4 725 127 A (MALINGE JEAN-LOUIS ET AL) 16 February 1988 see figures 8-12 ---	1,4
A	IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, vol. 32, no. 10b, March 1990, pages 172-174, XP002050481 ---	1,4
	-/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C

☒ Patent family members are listed in annex

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"S" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 December 1997

Date of mailing of the international search report

16.01.98

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P. B. 5618 Patentean 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx 31 651 epo nl
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Hessen, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/CH 97/00356

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No
A	<p>MOHR J ET AL: "MICROOPTICAL DEVICES BASED ON FREE SPACE OPTICS WITH LIGA MICROOPTICAL BENCHES EXAMPLES & PERSPECTIVES" PROCEEDINGS OF THE SPIE, vol. 2783, 12 June 1996, pages 48-54, XP002045040 -----</p>	1,4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/CH 97/00356

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4725127 A	16-02-88	FR 2588386 A	10-04-87
		CA 1247727 A	27-12-88
		EP 0221288 A	13-05-87
		JP 62087929 A	22-04-87

PCT/CH 97/00356

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 G02826/02 G0286/42 H01L21/3065

IPK 6 G028 H01L

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 004, no. 188 (P-042), 24.Dezember 1980 & JP 55 130505 A (ITAYA RYOHEI;OTHERS: 01), 9.Oktober 1980, siehe Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 ---	1,4
A	US 4 725 127 A (MALINGE JEAN-LOUIS ET AL) 16.Februar 1988 siehe Abbildungen 8-12 ---	1,4
A	IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, Bd. 32, Nr. 10b, März 1990, Seiten 172-174, XP002050481 ---	1,4
	--- -/--	

X Siehe Anhang Patentfamilie

- * 2. Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

16.01.98

Hessen, J

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr
A	MOHR J ET AL: "MICROOPTICAL DEVICES BASED ON FREE SPACE OPTICS WITH LIGA MICROOPTICAL BENCHES EXAMPLES & PERSPECTIVES" PROCEEDINGS OF THE SPIE, Bd. 2783, 12.Juni 1996, Seiten 48-54, XP002045040 -----	1,4

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH 97/00356

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4725127 A	16-02-88	FR 2588386 A	10-04-87
		CA 1247727 A	27-12-88
		EP 0221288 A	13-05-87
		JP 62087929 A	22-04-87
